

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-211733

(43)Date of publication of application : 06.08.1999

(51)Int.Cl. G01N 37/00  
G01B 7/34  
G01N 1/28  
H01J 37/28

(21)Application number : 10-029334

(71)Applicant : JEOL LTD

(22)Date of filing : 27.01.1998

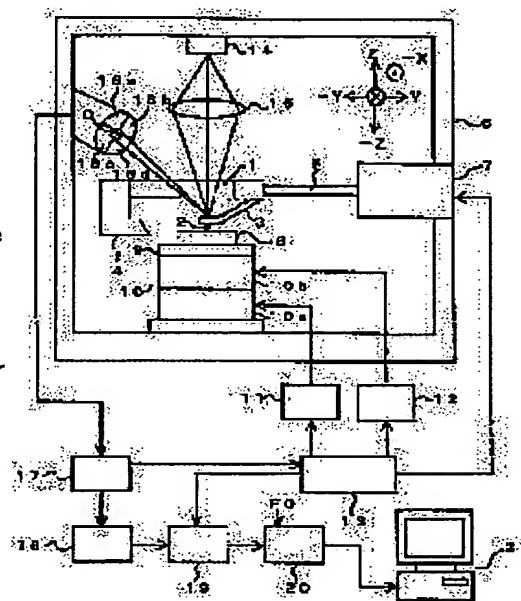
(72)Inventor : IWATSUKI MASASHI

## (54) SCANNING-TYPE PROBE MICROSCOPE

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a scanning-type probe microscope for obtaining information on the inside of a sample.

SOLUTION: The output of an operational amplifier 17 for indicating a friction force that operates between a sample and a cantilever is stored in a memory 19 via an A/D converter 18. Friction force data regarding sample surfaces S1-Sn being stored in the memory 19 are sent to an image-processing circuit 20, and the image-processing circuit 20 binary-codes friction data to either '1' or '0' data. Then, the image-processing circuit 20 extracts data being expressed by '1' and creates three-dimensional image data from the extracted data.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-211733

(43) 公開日 平成11年(1999) 8月6日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup> 識別記号  
 G 0 1 N 37/00  
 G 0 1 B 7/34  
 G 0 1 N 1/28  
 H 0 1 J 37/28

F I  
 G 0 1 N 37/00 A  
 G 0 1 B 7/34 Z  
 H 0 1 J 37/28 X  
 G 0 1 N 1/28 G

審査請求 未請求 請求項の数 2 F D (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平10-29334  
 (22) 出願日 平成10年(1998) 1月27日

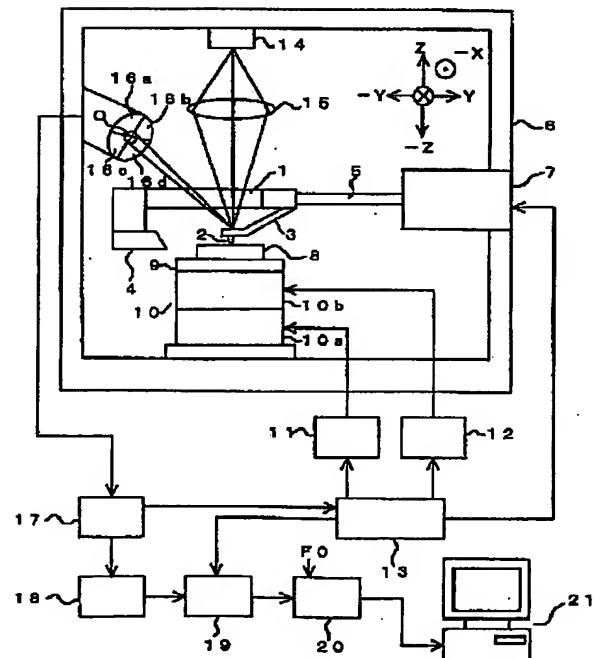
(71) 出願人 000004271  
 日本電子株式会社  
 東京都昭島市武蔵野3丁目1番2号  
 (72) 発明者 岩 槻 正 志  
 東京都昭島市武蔵野3丁目1番2号 日本  
 電子株式会社内

(54) 【発明の名称】 走査形プローブ顕微鏡

(57) 【要約】

【課題】 試料内部の情報まで得ることができる走査形プローブ顕微鏡を提供すること。

【解決手段】 試料とカンチレバ間に働く摩擦力を表す演算増幅器17の出力は、AD変換器18を介してメモリ19に記憶される。メモリ19に記憶された試料面S<sub>1</sub>〜S<sub>n</sub>に関する摩擦力データは画像処理回路20に送られ、画像処理回路20は、摩擦力データを”1”または”0”のデータに2値化する。そして、画像処理回路20は、”1”で表わされたデータを抽出し、抽出したデータから3次元画像データを作成する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 試料に探針を対向させた状態で試料または探針を2次元的に走査し、探針の変位を検出して試料の2次元画像を得るようにした走査形プローブ顕微鏡において、試料を切断する切断手段と、試料の切断の度に得られた試料の2次元画像データを記憶する記憶手段と、該記憶手段に記憶された2次元画像データに基づいて試料の3次元画像データを作成する画像処理手段を備えたことを特徴とする走査形プローブ顕微鏡。

【請求項2】 前記画像処理手段は、それぞれの2次元画像データについて特定の画像データを抽出し、抽出した画像データに基づいて試料の3次元画像データを作成するように構成されていることを特徴とする請求項1記載の走査形プローブ顕微鏡。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、原子間力顕微鏡や摩擦力顕微鏡等の走査形プローブ顕微鏡に関する。

【0002】

【従来の技術】 走査形プローブ顕微鏡（SPM）の名称は、走査形トンネル顕微鏡、原子間力顕微鏡およびこれらの原理を応用した様々な顕微鏡を総称して使われるが、現在、この走査形プローブ顕微鏡は、試料表面の観察手段として重要な地位を占めている。

【0003】 上述した走査形トンネル顕微鏡、原子間力顕微鏡の原理を応用した顕微鏡としては、試料表面の摩擦を測定する摩擦力顕微鏡や、試料表面の粘性や弾性を測定する顕微鏡や、試料表面の電位を測定する顕微鏡や、試料表面の磁気特性を測定する磁気力顕微鏡等がある。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 このような走査形プローブ顕微鏡を用いれば、試料最表面の種々の情報を得ることができるが、試料内部の情報までは得ることができない。

【0005】 試料内部の情報を得る顕微鏡として、弾道電子放射顕微鏡（B E E M）や走査形キャパシタンス顕微鏡（SCM）等が提案されているが、何れの顕微鏡も試料表面に極めて近い内部の情報しか得ることができず、また、未だ実用化レベルではない。

【0006】 本発明はこのように鑑みて成されたもので、その目的は、試料内部の情報まで得ることができる走査形プローブ顕微鏡を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】 この目的を達成する本発明の走査形プローブ顕微鏡は、試料に探針を対向させた状態で試料または探針を2次元的に走査し、探針の変位を検出して試料の2次元画像を得るようにした走査形プローブ顕微鏡において、試料を切断する切断手段と、試料の切断の度に得られた試料の2次元画像データを記憶する記憶手段と、該記憶手段に記憶された2次元画像

データに基づいて試料の3次元画像データを作成する画像処理手段を備えたことを特徴とする。

【0008】

【発明の実施の形態】 以下、図面を用いて本発明の実施の形態について説明する。

【0009】 図1は、本発明の走査形プローブ顕微鏡の一例として示した、摩擦力顕微鏡を示した図である。

【0010】 まず、図1の構成について説明する。

【0011】 図1において、1はカンチレバホルダであり、カンチレバホルダ1の形状は、図2に示すようにコの字状である。カンチレバホルダ1のカンチレバ保持部1aの下面には、先端に探針2を有するカンチレバ3が固定されている。また、前記カンチレバホルダ1のカッター保持部1bの下面には、試料を切断するためのカッター4が固定されている。このカッター4は前記カンチレバ3に対向しており、カッター4の切断部4aの高さ（Z位置）は、前記探針2の先端の高さより $\Delta d$ だけ低い。

【0012】 前記カンチレバホルダ1には移動軸5が固定されており、移動軸5は、試料室壁6に固定されたカンチレバホルダ駆動手段7に取り付けられている。この移動軸5は、カンチレバホルダ駆動手段7により、その軸方向（Y軸方向）に移動可能である。

【0013】 8は、前記探針2に対向する試料であり、試料8は試料ホルダ9に取り付けられている。この試料ホルダ9は、XY移動機構10aとZ移動機構10bを備えたスキャナ10に取り付けられており、スキャナ10は試料室の底部上に置かれている。

【0014】 11はXY移動機構駆動手段であり、前記XY移動機構10aは、このXY移動機構駆動手段11により制御される。また、12はZ移動機構駆動手段であり、前記Z移動機構10bは、このZ移動機構駆動手段12により制御される。これらの移動機構駆動手段11、12は制御装置13により制御される。さらに、制御装置13は、前記カンチレバホルダ駆動手段7を制御する。

【0015】 また、試料室の上壁にはレーザ発生器14が固定されており、レーザ発生器14で発生したレーザ光は、レンズ15により前記カンチレバ3の背面上に集束される。そして、カンチレバ3の背面で反射されたレーザ光は、試料室の側壁に固定されたレーザ検出器16で検出される。このレーザ検出器16は、4つの検出面16a、16b、16c、16dを有しており、それぞれの検出面で検出された信号a、b、c、dは演算増幅器17に送られる。なお、前記探針2が試料8に接触していない状態においては、前記カンチレバ3の背面で反射されたレーザ光が前記レーザ検出器16の検出面の中心Oに入射するように、カンチレバ3とレーザ検出器16の間に配置された反射ミラー（図示せず）の角度が調整されている。

【0016】 前記演算増幅器17の出力信号は、AD変換器

18と前記制御装置13に送られ、AD変換器18の出力信号はメモリ19に記憶される。メモリ19は画像処理回路20に接続されており、画像処理回路20の出力信号は摩擦画像表示手段21に送られる。

【0017】以上、図1の装置の構成について説明したが、以下に、この装置の動作について説明する。

【0018】まず、オペレータは、観察面 $S_1$ が平らに切り出された試料8を試料ホルダ9に取り付ける。次に、オペレータは、その試料ホルダ9を前記スキャナ10に取り付ける。図3は、試料ホルダ9をスキャナ10に取り付けた直後の状態を示した図であるが、この時、試料8は前記探針2に接触していない。

【0019】試料ホルダ9がスキャナ10に取り付けられると、試料8が探針2に接触するまで、試料8は前記Z移動機構10bによりZ方向に移動される。前記制御装置13は、演算増幅器17からの信号に基づき、試料8が探針2に接触したかどうかを判断しており、制御装置13は、試料8が探針2に接触したと判断すると、前記Z移動機構駆動手段12への駆動信号の供給を停止する。

【0020】ここで、前記制御装置13のZ移動機構駆動手段12の制御について詳しく説明する。

【0021】さて、試料8が探針2に接触すると、その接触で、前記レーザ光が当たっているカンチレバ3の背面の高さはそれまでより高くなる。その結果、レーザ光がレーザ検出器16の検出面に入射する位置は、図4に示すように、それまでの検出面の中心Oから検出面16a、16bの方に移動する。このため、レーザ検出器16から出力される信号a、b、c、dのうち、信号aとbの値は大きくなり、逆に信号cとdの値は小さくなる。

【0022】前記演算増幅器17は、レーザ検出器16から送られてくる信号a、b、c、dから、演算 $(| (a + c) - (b + d) |)$ と $((a + b) - (c + d))$ を行い、演算 $((a + b) - (c + d))$ の結果を前記制御装置13に送るが、その制御装置13へ送られる信号の値は、前記試料8の探針2への接触により接触前に比べて大きくなる。制御装置13は、演算増幅器17から送られてくる信号の値がそれまでより大きくなると、試料8が探針2に接触したと判断し、前記Z移動機構駆動手段12への駆動信号の供給を停止している。

【0023】以上、制御装置13のZ移動機構駆動手段12の制御について説明したが、以下に、図1の装置の動作説明を続けて行う。

【0024】試料8が探針2に接触すると、制御装置13は、カンチレバ3の横手方向に試料8を移動させるために、試料8がXY移動機構10aによりX方向に移動するように前記XY移動機構駆動手段11を制御する。この制御により、試料8はカンチレバ3の横手方向に移動し、カンチレバ3は、カンチレバと試料間に働く摩擦力に応じて横方向にねじれる。その結果、レーザ光がレーザ検出器16の検出面に入射する位置は、図5に示すよ

うに、カンチレバと試料間に働く摩擦力に応じて検出面16a、16cの方に移動する。このため、レーザ検出器16から出力される信号a、b、c、dは、カンチレバと試料間に働く摩擦力に応じて変化する。

【0025】上述したように、演算増幅器17は、レーザ検出器16から送られてくる信号a、b、c、dから演算 $(| (a + c) - (b + d) |)$ を行っているが、このカンチレバと試料間に働く摩擦力に対応する演算値はAD変換器18を介して、8ビットあるいは16ビットのデータに変換されてメモリ19に格納される。この時、AD変換器18の出力は、前記制御装置13により、前記試料8の探針2との接触位置に対応してメモリ19に記憶される。

【0026】さて、X方向への所定量の試料移動が終わると、試料がY方向に所定量移動され、そして今度は-X方向への所定量の試料移動が行われる。そして、-X方向への所定量の試料移動が終わると、試料がY方向に前記所定量だけ移動され、その移動が終わると、前記同様に試料がX方向に前記所定量移動される。このような、Y座標を順に変えてのX、-X方向への試料移動は所定回行われる。この試料移動期間中、カンチレバと試料間に働く摩擦力が検出され、前記メモリ19には、前記X、-X方向への試料移動期間における摩擦データが記憶される。このとき、前記AD変換器18の出力は、前記制御装置13により、試料8の探針2との接触位置に対応してメモリ19に記憶される。

【0027】以上のようにして、試料8の試料面 $S_1$ に関する位置と摩擦データからなる摩擦情報が得られると、前記制御装置13は、前記移動軸5がY方向に移動するように前記カンチレバホルダ駆動手段7を制御する。この制御により、移動軸5はY方向に移動し、また、移動軸5に固定されている前記カンチレバホルダ1と、カンチレバホルダ1に固定されている前記カンチレバ3とカッター4も同様にY方向に移動する。

【0028】上述したように、カッター4の切断部4aの高さ(Z位置)は、前記探針2の先端の高さより $\Delta d$ だけ低く、また、現在試料面 $S_1$ の高さは、カッター4の切断部4aの高さより前記 $\Delta d$ だけ高いので、カッター4がY方向に移動すると、試料8は厚さ $\Delta d$ だけ削り取られる。その結果、試料上には新しい試料面 $S_2$ が現れる。

【0029】このようにして試料の切断が行われたら、前記制御装置13は、前記カンチレバホルダ1が元の観察位置(図1の位置)に戻るために、前記カンチレバホルダ駆動手段7を制御する。そして、カンチレバホルダ1が観察位置に戻ると、上述した動作と同じ動作により、前記試料面 $S_2$ が探針2に接触される。そして、試料8が、前記試料面 $S_1$ の観察時と同じように移動され、この試料移動期間中、カンチレバと試料間に働く摩擦力が検出され、前記メモリ19には、前記X、-X方向への

試料移動期間における摩擦力データが記憶される。このとき、前記AD変換器18の出力は、前記制御装置13により、試料8の探針2との接触位置に対応してメモリ19に記憶される。

【0030】以上のようにして、試料8の試料面 $S_2$ に関する位置と摩擦力データが得られると、以下、同様にして、試料面 $S_3$ 、 $S_4$ 、… $S_n$ に関する位置と摩擦力データが得られる。

【0031】このようにして、試料8の試料面 $S_1$ 、 $S_2$ 、…、 $S_n$ に関する位置と摩擦力データが得られると、前記画像処理回路20は、前記メモリ19に記憶された試料面 $S_1$ 、 $S_2$ 、…、 $S_n$ に関する位置と摩擦力データを順次読み出す。そして、画像処理回路20は、順に読み出した摩擦力データを基準値F。と比較して2値化摩擦力データを作成する。画像処理回路20は、例えば、基準値F。より大きい摩擦力データを2値化摩擦力データ”1”とし、また、基準値F。より小さい摩擦力データを2値化摩擦力データ”0”とする。

【0032】図6は、各試料面 $S_1 \sim S_n$ の2値化摩擦力データに基づく画像を示したものである。図6に示す試料面 $S_1 \sim S_n$ の画像において、 $A_1 \sim A_n$ が前記2値化摩擦力データ”1”に対応する部分、すなわち、カンチレバと試料間に働く摩擦力が基準値より大きい部分である。一方、 $B_1 \sim B_n$ が前記2値化摩擦力データ”0”に対応する部分、すなわち、カンチレバと試料間に働く摩擦力がその基準値より小さい部分である。

【0033】さて、試料面 $S_1 \sim S_n$ の2値化摩擦力データが得られると、前記画像処理回路20は、”1”または”0”で表わされた各試料面の2値化摩擦力データから”1”で表わされた2値化摩擦力データ、すなわち、 $A_1 \sim A_n$ に関する2値化摩擦力データを抽出する。そして、画像処理回路20は、抽出した2値化摩擦力データから、前記部分 $A_1 \sim A_n$ の3次元画像データを構築する。

【0034】図7は、部分 $A_1 \sim A_n$ の3次元画像データに基づく画像を示したものである。この画像は、試料の深さ方向における、カンチレバと試料間に働く摩擦力がある値より大きい部分の像を示しており、この画像から試料の摩擦に関する内部情報を知ることができる。

【0035】前記部分 $A_1 \sim A_n$ の3次元画像データは、前記摩擦力像表示手段21に送られ、摩擦力像表示手段21の画面上には前記図7に示した画像が表示される。

【0036】以上、図1の装置の動作について説明したが、図1の装置によれば、試料の摩擦に関する内部情報を知ることができる。

【0037】また、本発明は上述した例に限定されるものではなく、種々の変形が考えられる。

【0038】例えば、前記画像処理回路20の構成を、摩擦力データを2値化するのではなく、摩擦力データを摩擦力に対応した輝度を表す画像データに変換して出力する

ようにしても良い。このような出力により、前記摩擦力像表示手段21の画面上には、図8に示すように試料面 $S_1 \sim S_n$ 毎に多値化された像が表示される。さらに、前記画像処理回路20の構成を、オペレータがその表示された試料面 $S_1 \sim S_n$ の像の中から特定の領域をマウス等で指定すると、そのマウス等で指定された領域の3次元画像を作成するようにしても良い。

【0039】このように画像処理回路を構成すれば、例えば、図8に示した試料面 $S_1 \sim S_n$ の像の中から特定の領域 $C_1 \sim C_n$ がマウス等で指定されると、表示装置の画面上には、図9に示すような領域 $C_1 \sim C_n$ の3次元像が表示される。この画像から試料の摩擦に関する内部情報を知ることができる。

【0040】また、上記例では、試料表面はナイフエッジ等で切断されるが、これに限定されるものではなく、イオンエッチング等により試料表面をエッチングするようにしても良い。

【0041】また、試料表面を切断して3次元像を得るのではなく、蒸着の度に試料像を得、その得られた2次元像を画像処理して3次元像を表示するようにしても良い。

【0042】また、本発明は、摩擦力顕微鏡に限定されるものではなく、試料表面の粘性や弾性を測定する顕微鏡や、試料表面の電位を測定する顕微鏡や、試料表面の磁気特性を測定する磁気力顕微鏡等の走査形プローブ顕微鏡にも適用可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の走査形プローブ顕微鏡の一例として示した、摩擦力顕微鏡を示した図である。

【図2】 図1のカンチレバ1を詳しく説明するために示した図である。

【図3】 試料ホルダを、スキャナに取り付けた直後の状態を示した図である。

【図4】 試料が探針に接触した時の、レーザ光がレーザ検出器の検出面に入射する位置を説明するために示した図である。

【図5】 試料が探針に接触した状態で試料を移動させた時の、レーザ光がレーザ検出器の検出面に入射する位置を説明するために示した図である。

【図6】 各試料面 $S_1 \sim S_n$ の2値化摩擦力データに基づく画像を示したものである。

【図7】 部分 $A_1 \sim A_n$ の3次元画像データに基づく画像を示したものである。

【図8】 各試料面 $S_1 \sim S_n$ の摩擦力データに基づく画像を示したものである。

【図9】 図8における像 $C_1 \sim C_n$ の3次元像を示したものである。

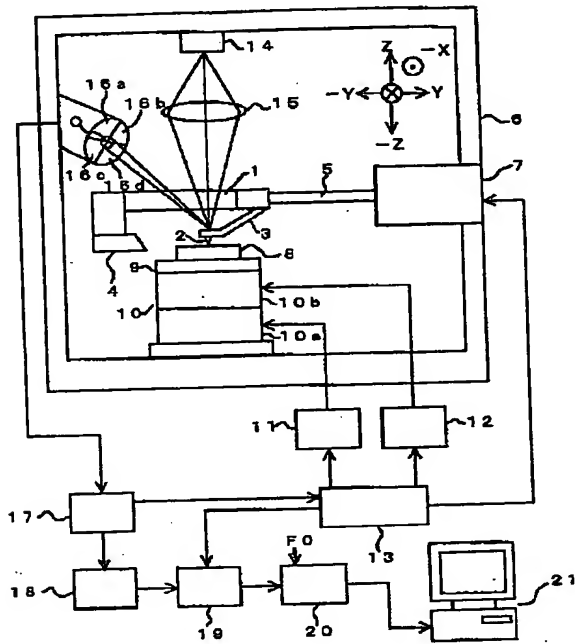
【符号の説明】

1…カンチレバホルダ、1a…カンチレバ保持部、1b…カッター保持部、2…探針、3…カンチレバ、4…カッター、4a…切断部、5…移動軸、6…試料室壁、7

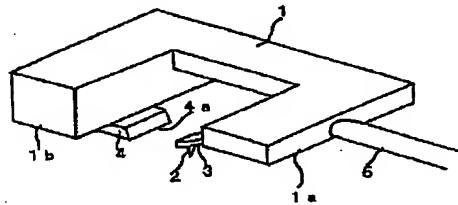
…カンチレバホルダ駆動手段、8…試料、9…試料ホルダ、10…スキャナ、10a…XY移動機構、10b…Z移動機構、11…XY移動機構駆動手段、12…Z移動機構駆動手段、13…制御装置、14…レーザ発生 \*

\* 器、15…レンズ、16…レーザ検出器、17…演算増幅器、18…AD変換器、19…メモリ、20…画像処理回路、21…摩擦力像表示手段

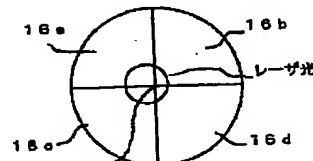
【図1】



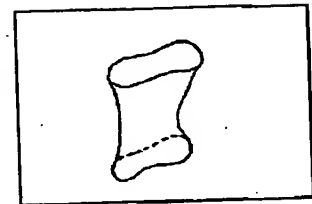
【図2】



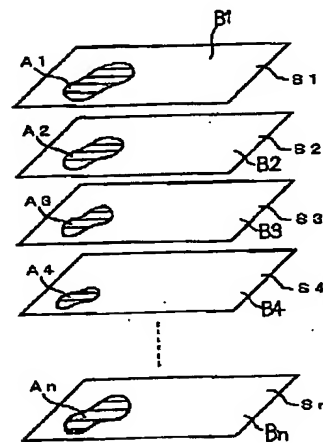
【図5】



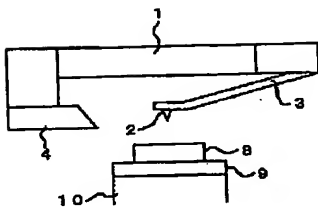
【図7】



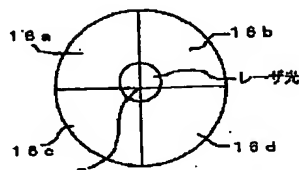
【図6】



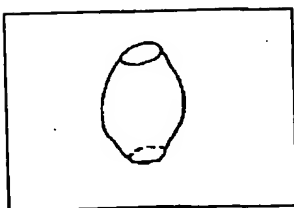
【図3】



【図4】



【図9】



【図8】

